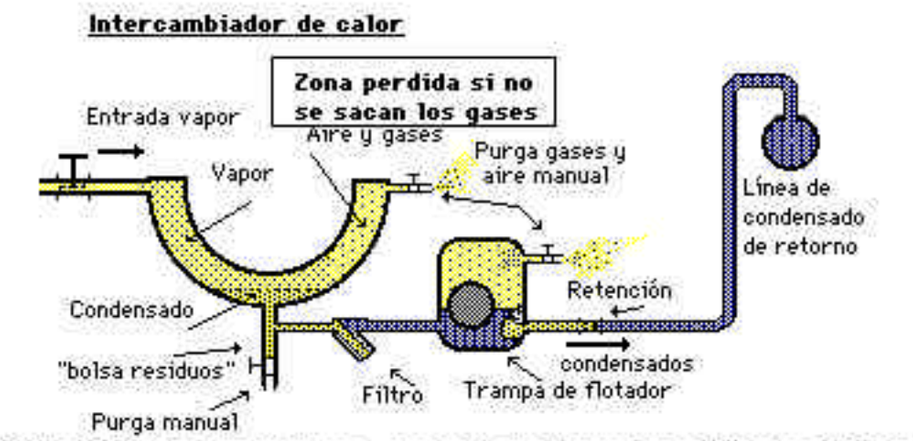
Modulo 11-MEJORA EFICIENCIA ELEMENTOS AUXILIARES

La extracción del condensado debe ser adecuada para cada equipo, presión de vapor y operación.



Disposición de los vapores , gases y condensados en intercambiador

DISTRIBUCIÓN DE VAPOR

La **distribución de vapor**, **es tan importante como la generación.**

Su Eficiencia o sea la relación de la energía que realmente llega al proceso y la que sale de la caldera, en general es bastante baja.

Principalmente la falta o la mala aislación de las cañerías, es el factor de mayor pérdida de calor (suponiendo que no hay pérdidas directas de fluidos)**.** Aunque en general, observamos que en muchos lados, en donde las cañerías son aisladas, **falta la aislación en los elementos de control, manejo y armado de las mismas :** (no hay aislación en las bridas, válvulas, reductoras, separadores, etc.) **y aún en los soportes** (que forman “puentes” de transmisión de calor con altísimas pérdidas), **juntas de dilatación** (expuestas al ambiente), **pérdidas en conexiones, empaquedaduras** (tanto desde los elementos de sellar las roscas, juntas de platinas, como vástagos de válvulas cuya empequetaduras están mal hechas o mal elegidos los materiales).

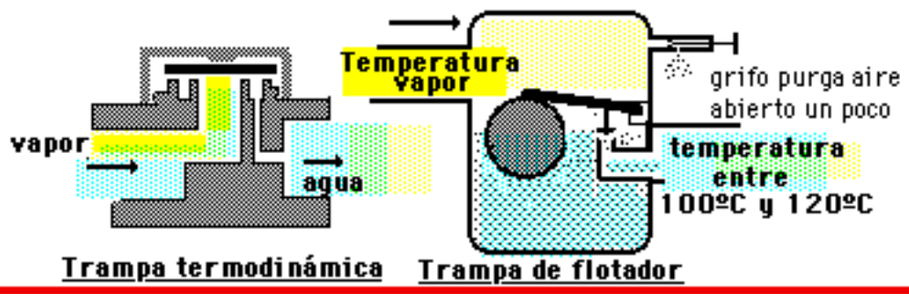
Las **caídas** de las cañerías son fundamentales, ya que debemos de mantener el vapor saturado lo más libre de humedad en lo posible, **dejando para ello zonas de drenaje, en las cuales deberá haber trampas de vapor** (que saquen el condensado sobrecalentado, sin perder vapor). Si las cañerías estuvieran inundadas de condensado, se crean posibles golpes de “arietes”, pero fundamentalmente se “achican” las cañerías y las pérdidas de carga aumentan, bajando la temperatura del vapor, dismuyendo su capacidad de transferencia (salto térmico) en los equipos.

Los **colectores o recipientes separadores de vapor**, también deben ser aislados, ya que consumen una gran energía, debido a la gran superficie expuesta al ambiente.

No todas las trampas son económicamente aceptables (por lo general las trampas de más bajo costo, son las trampas que en el tiempo son las de más alto costo, debido a que funcionan usando la misma energía del vapor o sea que “consumen” vapor para funcionar, el caso más claro ocurre con las válvulas termodinámicas).

Modulo 11-MEJORA EFICIENCIA ELEMENTOS AUXILIARES

Las trampas no deben ser elegidas por su costo inicial, debe considerarse su prestación respecto al su Eficiencia energética.

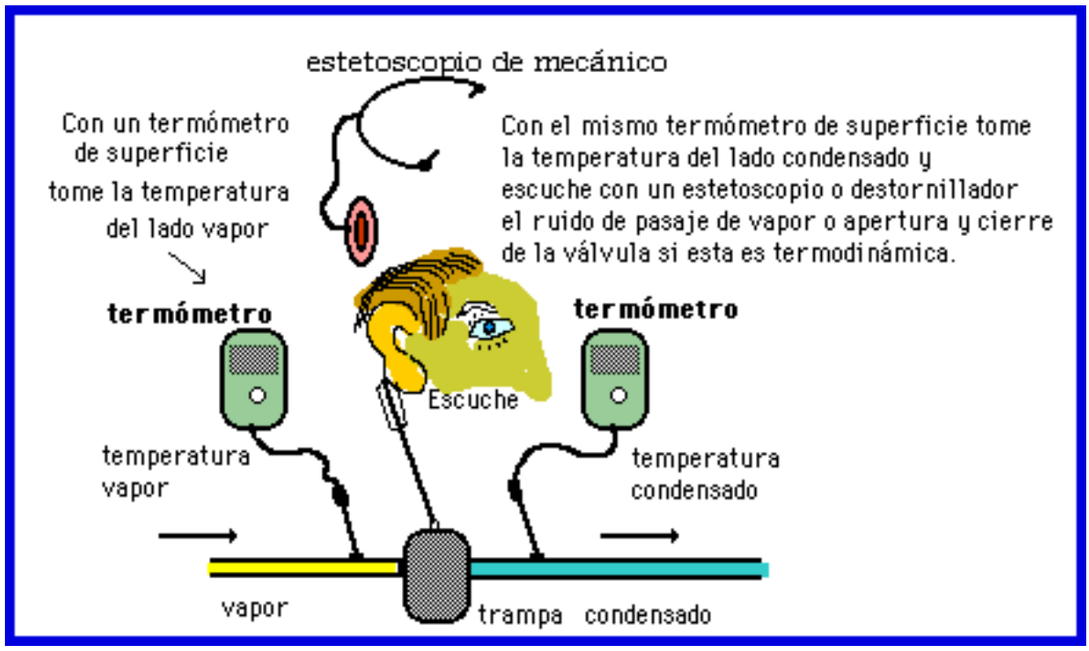


Uno de los problemas más importante en las trampas, **no es solamente su elección para el ahorro energético, sino el control del mantenimiento, ya que cuando las trampas de vapor andan mal, la pérdida de vapor es la consecuencia inmediata, que no solamente es una pérdida de energía directa, sino que en muchos casos afectan hasta la propia instalación** (en su funcionamiento, ya que el vapor en las cañerías de condensado, generan pérdidas de carga, que afectan el funcionamiento de otras trampas y sus equipos asociados).

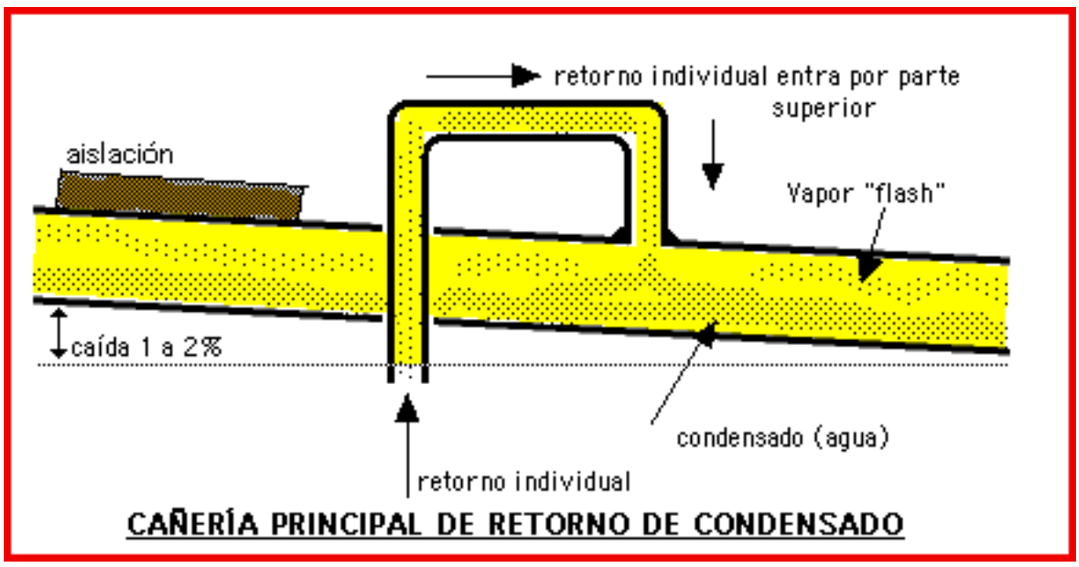
Por eso, debemos de mantener una rutina de mantenimiento de trampas de vapor. Muchas veces o casi siempre, las trampas no tienen visores para ver el flujo del lado de condensado y poder apreciar la presencia exagerada de vapor. Hay equipos de ultra-sonido, otros de termómetros diferenciales, etc., para la detección de la falla de la trampa. En nuestro caso, proponemos un par de sistemas, de fácil implementación, uno puede ser con un estetoscopio de mecánico (escuchando el pasaje de agua y vapor, que también se puede improvisar usando un destornillador para auscultar), **o el otro utilizando un termómetro electrónico con un sensor de superficie** (aquí comparamos las temperaturas de la trampas del lado de vapor y del lado del agua, si del lado de agua la temperatura se aproxima al lado de vapor, es evidente que estamos frente a un desperfecto de la trampa cuando las temperaturas tienden a aproximarse).

Las trampas de vapor, por lo general no deben ser aisladas (puede ser afectado su funcionamiento, ya que esto puede bloquear el funcionamiento correcto de algunas trampas, al no enfriar los gases o al no dejar condensar el vapor que queda atrapado).

Modulo 11-MEJORA EFICIENCIA ELEMENTOS AUXILIARES


estetoscopio de mecánico
Con un termómetro de superficie tome la temperatura del lado vapor
Con el mismo termómetro de superficie tome la temperatura del lado condensado y escuche con un estetoscopio o destornillador el ruido de pasaje de vapor o apertura y cierre de la válvula si esta es termodinámica.
termómetro
termómetro
Escuche
temperatura vapor
temperatura condensado
vapor
trampa
condensado

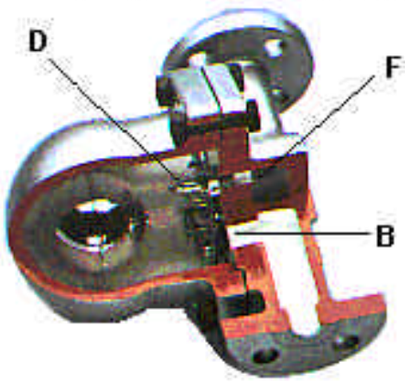
En la figura superior, estamos controlando el funcionamiento de una trampa de vapor. El termómetro del lado de vapor indicará una temperatura próxima a indicada en la tabla de vapor para la presión de trabajo (puede que no sea así si la presión de vapor es restringida por una válvula reguladora de control de la temperatura del equipo), puede haber una diferencia de temperatura debido al enfriamiento exterior a la pared de metal del tubo en donde se toma la temperatura. Del lado de condensado de la trampa de vapor, debido a que la presión es cercana a la atmosférica, deberá indicar una temperatura cercana a los 100ºC (si hay válvula reguladora, puede que la temperatura estará por debajo de la temperatura de 100ºC), **pero, si la temperatura estuviera por encima de los 120°C, es muy probable que la trampa esté perdiendo vapor.** Si es una trampa termodinámica, veremos que la temperatura “aguas abajo” de la trampa, estará variando de acuerdo a si la trampa está abierta o está cerrada, en forma cíclica, esto se puede corroborar con el estetoscopio o el destornillador.

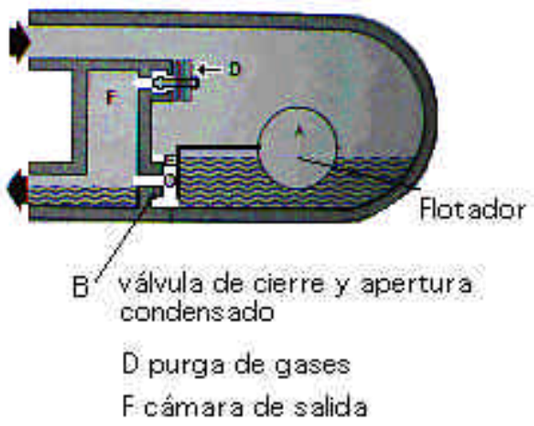


EN RESUMEN : en el sistema de trampas de vapor, puede haber grandes pérdidas. Estas **se pueden disimular**, si tenemos un sistema recuperador de vapor de “flash” muy efectivo y generoso.

En mi opinión, siempre que se pueda, se deben utilizar trampas de flotador, cuyo funcionamiento solamente detecta el agua condensada para abrir, sin consumir energía (puede que un poco de energía consuman debido a la necesidad de mantener una purga de gases, además de su relativa gran superficie al ambiente, por donde se pierde calor que lleva el condensado, pero en general son las más eficientes).

TRAMPA DE FLOTADOR (con purgador de gases automático)

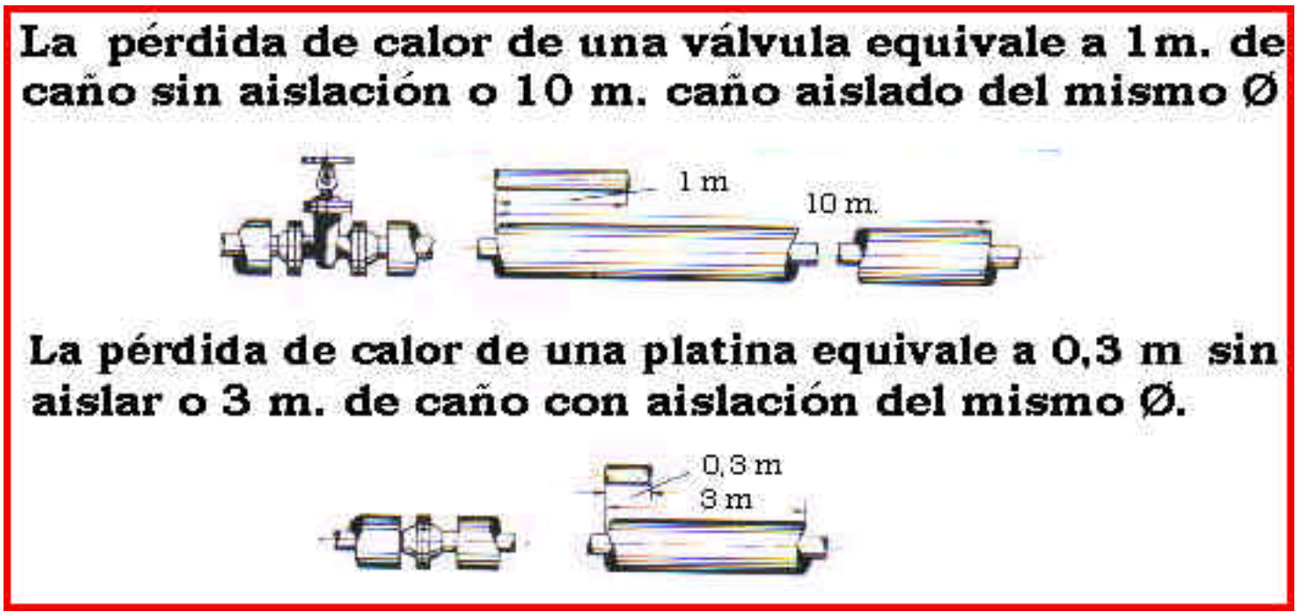




Modulo 11-MEJORA EFICIENCIA ELEMENTOS AUXILIARES

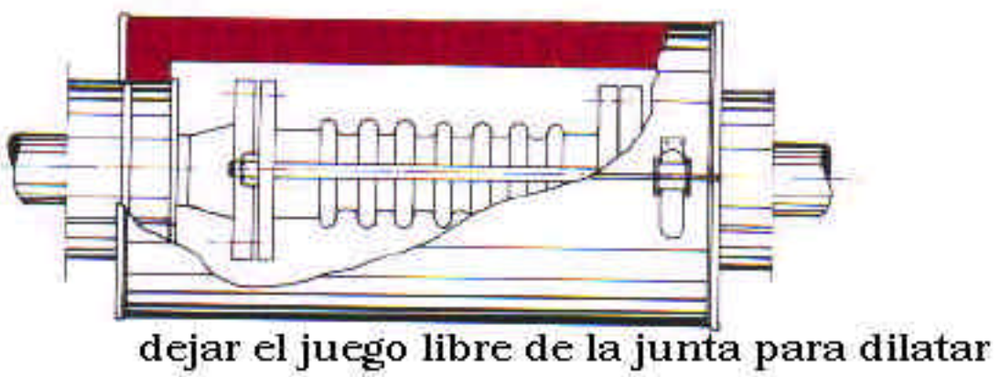
LA AISLACION:

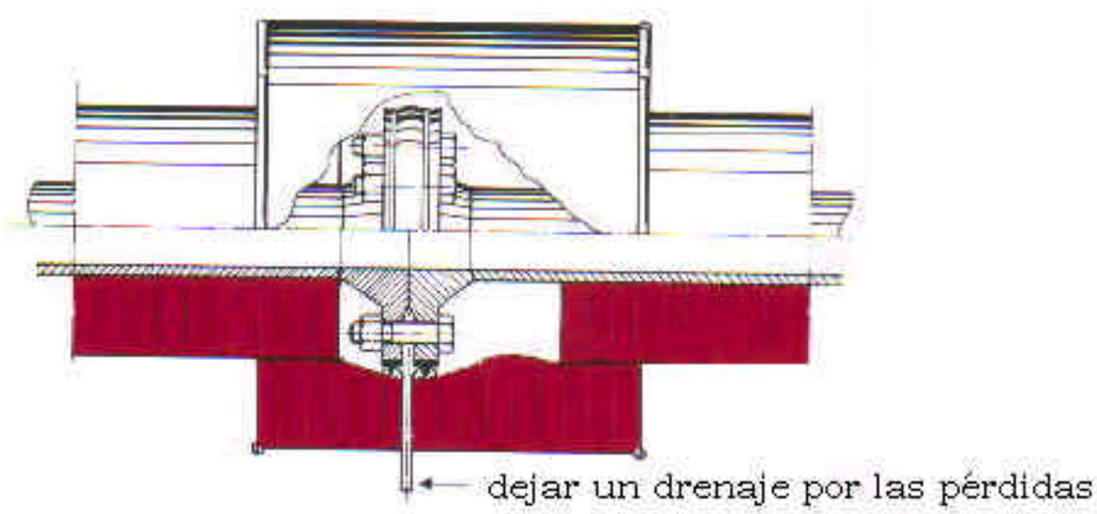
Los materiales utilizados para hacer la aislación, deben ser buenos aislantes (coeficiente de conductividad muy bajo, por ejemplo la lana de vidrio tiene **0,03 Kcal/m h ºC**, **esto significa** las kilocalorías que pasarían por 1 m2. de superficie y por un metro de espesor del material cuando la diferencia de temperatura es de 1ºC, en el tiempo de 1 hora). Además soportar las condiciones de temperatura y mecánicas. En baja temperatura, hasta unos 90ºC se puede usar poliuretano expandido, luego en bajas presiones, hasta unos 200ºC se puede usar lana de vidrio aglomerada orgánicamente, pudiéndose usar a más alta temperatura sin aglomerante orgánico (cuanto más compactada, más aislante), cuando se trabaje con temperaturas superiores, se deberán usar otros materiales (como lana mineral y otros, cuya base por lo general son silicatos de calcio y magnesio, en muy alta temperatura los alúmino-silicatos). La vermiculita (un material calcáreo, esponjoso, que se dá en ciertas sedimentaciones), se usó mucho en la épocas anteriores, se compactaba con silicato de sodio (a veces con jabón líquido que contiene dicho producto), los caños aislados se forraban con tela o con malla metálica y revoques o yeso, elementos que también fueron usados en la aislación de equipos. Hoy en día es muy conveniente utilizar aislación prefabricada, del material y espesor adecuado a cada temperatura y **poner un buena protección entre la aislación y el ambiente, de manera de proteger la aislación** (dejando la posibilidad de desarmar para reparaciones, estos materiales pueden ser de chapa de inoxidable, hierro galvanizado, aluminio, etc.).


La pérdida de calor de una válvula equivale a 1m. de caño sin aislación o 10 m. caño aislado del mismo Ø
1 m
10 m.
La pérdida de calor de una platina equivale a 0,3 m sin aislar o 3 m. de caño con aislación del mismo Ø.
0,3 m
3 m

Además, en exteriores, es conveniente proteger de los vientos la conducciones de cañerías, ya que si la aislación tiene del lado externo un “enfriamiento” provocado por los vientos, la pérdida será mayor, de la misma manera la caída de lluvia sobre la cañería será un factor de aumento de pérdida de calor (esta pérdida es proporcional a la diferencia de temperatura entre la superficie externa de la aislación y la de la cañería).

La pérdida por las juntas de expansión son importantes.





Como la pérdida es proporcional a la diferencia de temperatura, lo primero para ahorrar energía, será bajar todo lo que se pueda la temperatura del vapor (o sea, la presión, y la temperatura de todos lo componentes del sistema).

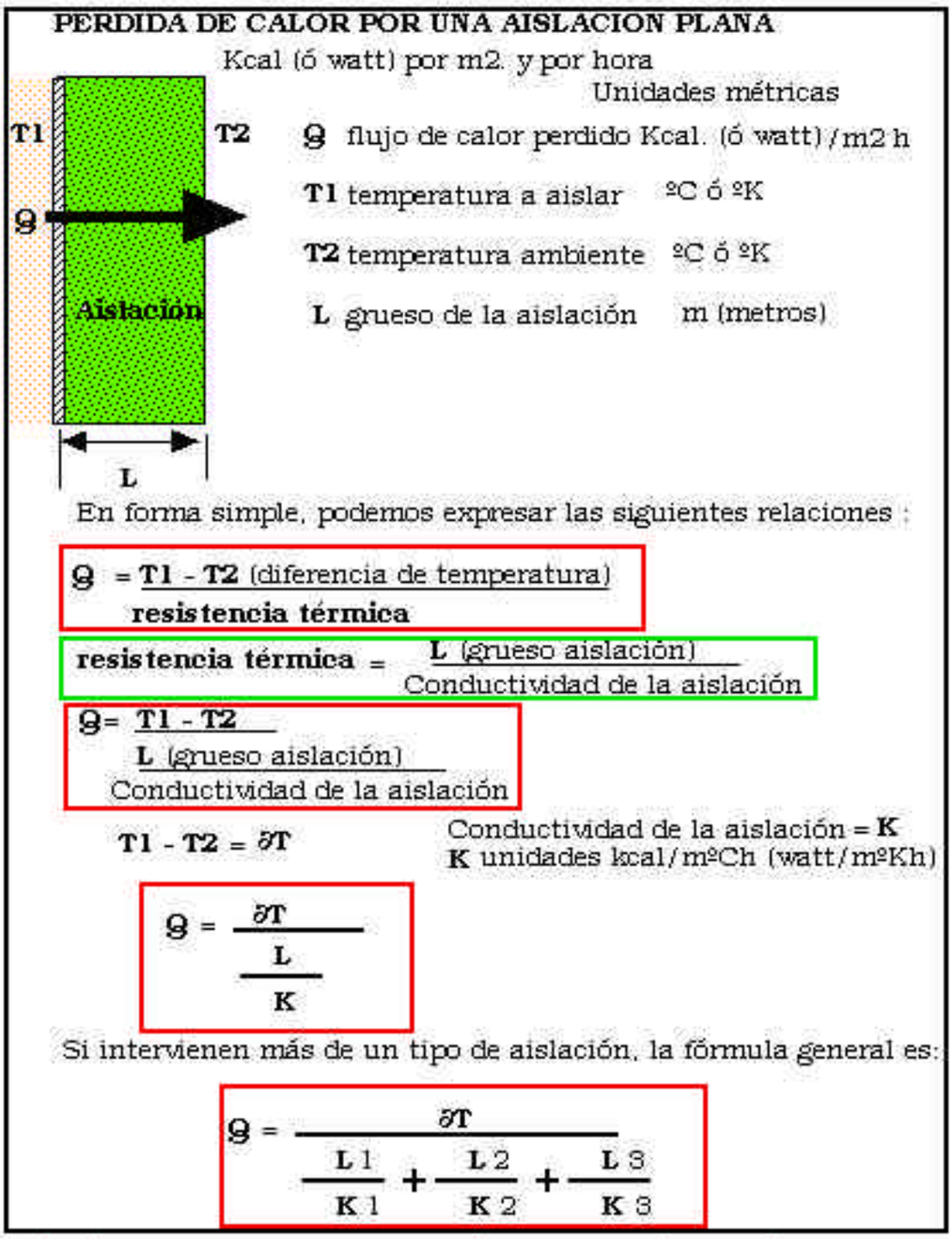
Lo importante es lograr una aislación que no permita la pérdida de calor (esta siempre existirá, buscaremos que sea lo más pequeña posible). **Es evidente que a mayor espesor de la aislación, menor será la pérdida** (habrá que evaluar costo versus resultados en el tiempo).

Un aislante, si está húmedo por pérdida de vapor o agua, pasará a ser un mal aislante, de la misma manera si está expuesto a la intemperie (lluvias, tiempo húmedo, etc.).

Los aislantes, deben ser protegidos del desgaste mecánico, del agua, del viento, de algunos gases, etc., para ser efectivos y tener larga vida.

Cuando protegemos las cañerías con aislación, poniendo un forro que puede ser de metal (alta temperatura)**, de materiales cementicios** (con sostén de malla y material a fraguar de variados tipos), **con material de plásticos o fibras** (para temperaturas más bajas, especialmente en frío se usan aislaciones de tipo “goma espuma”, puliuretano expandido con forro de aluminio de bajo espesor, etc.). Tenemos que tener en cuenta cuando aislamos cañerías de vapor (más de 100ºC) o agua caliente (por más de 50ºC aprox.), no solo hay un tema de aislar la pérdida de calor al ambiente, sino que también puede haber un tema de

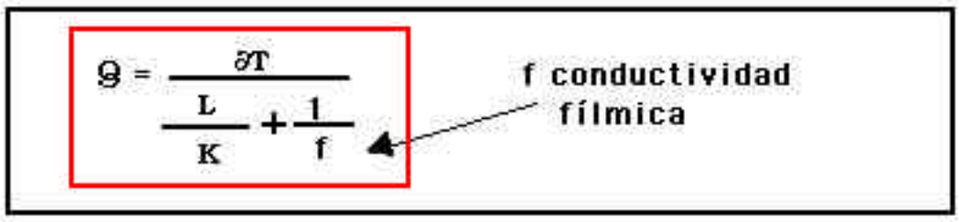
protección a las personas y animales. pero debemos considerar que si la protección es con un folio o chapa de metal, si este es “brillante” como un espejo (reflectivo), el forro llega a tomar bastante temperatura debido a que no la disipa en el ambiente debido a su al “reflectividad” o sea “baja emisión térmica” por radiación, esto dá la sensación de que la aislación es “ineficiente”, pero en realidad es que se acumula el calor lentamente al no ser radiado hasta alcanzar un temperatura de equilibrio entre el calor que libera y el que recibe a través de la aislación).


PERDIDA DE CALOR POR UNA AISLACION PLANA
Kcal (ó watt) por m2. y por hora
Unidades métricas
T1
T2
Aislación
L
Q flujo de calor perdido Kcal. (ó watt) / m2 h
T1 temperatura a aislar ºC ó ºK
T2 temperatura ambiente ºC ó ºK
L grueso de la aislación m (metros)
En forma simple, podemos expresar las siguientes relaciones :
Q = T1 - T2 (diferencia de temperatura)
resistencia térmica
resistencia térmica = L (grueso aislación)
Conductividad de la aislación
Q= T1 - T2
L (grueso aislación)
Conductividad de la aislación
T1 - T2 = ∂T
Conductividad de la aislación = K
K unidades kcal/mºCh (watt/mºKh)
Q = ∂T / (L / K)
Si intervienen más de un tipo de aislación, la fórmula general es:
Q = ∂T / (L1/K1 + L2/K2 + L3/K3)

La pérdida de calor es proporcional a la diferencia de temperatura.

En la formulas que hemos expuesto, se ha despreciado el efecto de “film” (la **resistencia** del pasaje del calor, provocada por el propio aire sobre la superficie, desde el forro exterior de la aislación al ambiente, que depende de las condiciones externas ambientales y de la terminación de la propia aislación). Esta resistencia es igual 1/f (siendo f la conductividad fílmica expresada en Kcal (watt) por m2, por hora y por 1 ºC). Esta conductividad fílmica puede valer aprox. f= 11 Kcal (9,5 watt)/m2hºC, en algunos casos, variando, especialmente con la velocidad del viento que incide en el exterior de la aislación.

Modulo 11-MEJORA EFICIENCIA ELEMENTOS AUXILIARES



Veamos algunos aislantes comparados su conductividad térmica respecto a los materiales usuales de construcción de cañerías.

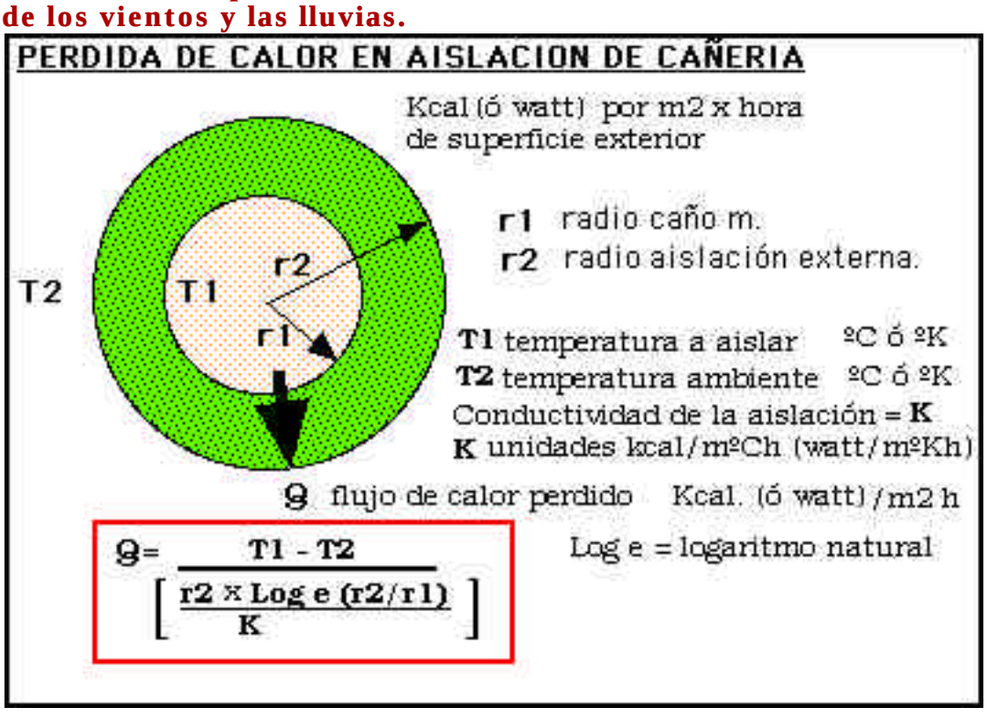
Conducción del calor por los siguientes elementos: (coeficiente **K**)

Acero.....	40 a 50	Kcal/ m h ºC
Cobre.....	320	Kcal/ m h ºC
Aluminio.....	180	Kcal/ m h ºC
Vidrio.....	0,18	Kcal/ m h ºC
Lana de vidrio.....	**0,03**	**Kcal/ m h °C**
Lana de amianto.....	**0,05**	**Kcal/ m h °C**
Poliuretano expandido..	**< 0,03**	**Kcal/ m h °C**
Vermiculita.....	**0,08**	**Kcal/ m h °C**

Vemos que los materiales aislantes conducen menos el calor., siendo el poliuretano expandido uno de los más aislante, aunque su limitación en calor, es la temperatura (en la práctica unos 80º-C a 90ºC). El amianto es cuestionado por cancerígeno.

Cuanto **más bajo sea el coeficiente de conducción de calor (K), más aislante es el material** (en la fibra de vidrio, cuanto más compacta, hasta cierto límite, mejor será su efecto aislante, porque disminuye más el efecto de trasmisión de calor por el aire interno atrapado entre la fibras, **esto también es válido para los otros materiales**), **cuanto más espesor, mejor aislación lograremos, pero el efecto aislante debe mantenerse, logrando que los materiales aislantes estén secos y libres de elementos contaminantes.**

Es conveniente, las conducciones de cañerías con vapor (que tienen una temperatura alta respecto a la intemperie), **además de aisladas, sean conducidas en ductos que las protejan de los vientos y las lluvias.**


PERDIDA DE CALOR EN AISLACION DE CAÑERIA
Kcal (ó watt) por m2 x hora de superficie exterior
r1 radio caño m.
r2 radio aislación externa.
T2
T1
r2
r1
T1 temperatura a aislar ºC ó ºK
T2 temperatura ambiente ºC ó ºK
Conductividad de la aislación = K
K unidades kcal/mºCh (watt/mºKh)
Q flujo de calor perdido Kcal. (ó watt)/m2 h
Q= T1 - T2 / [r2 x Log e (r2/r1) / K]
Log e = logaritmo natural

En este caso, también se debe considerar el factor de resistencia “filmica” del aire, del lado exterior de la aislación, sumándose en el denominador 1/f. Siendo válido todo lo dicho anteriormente.

Modulo 11-MEJORA EFICIENCIA ELEMENTOS AUXILIARES

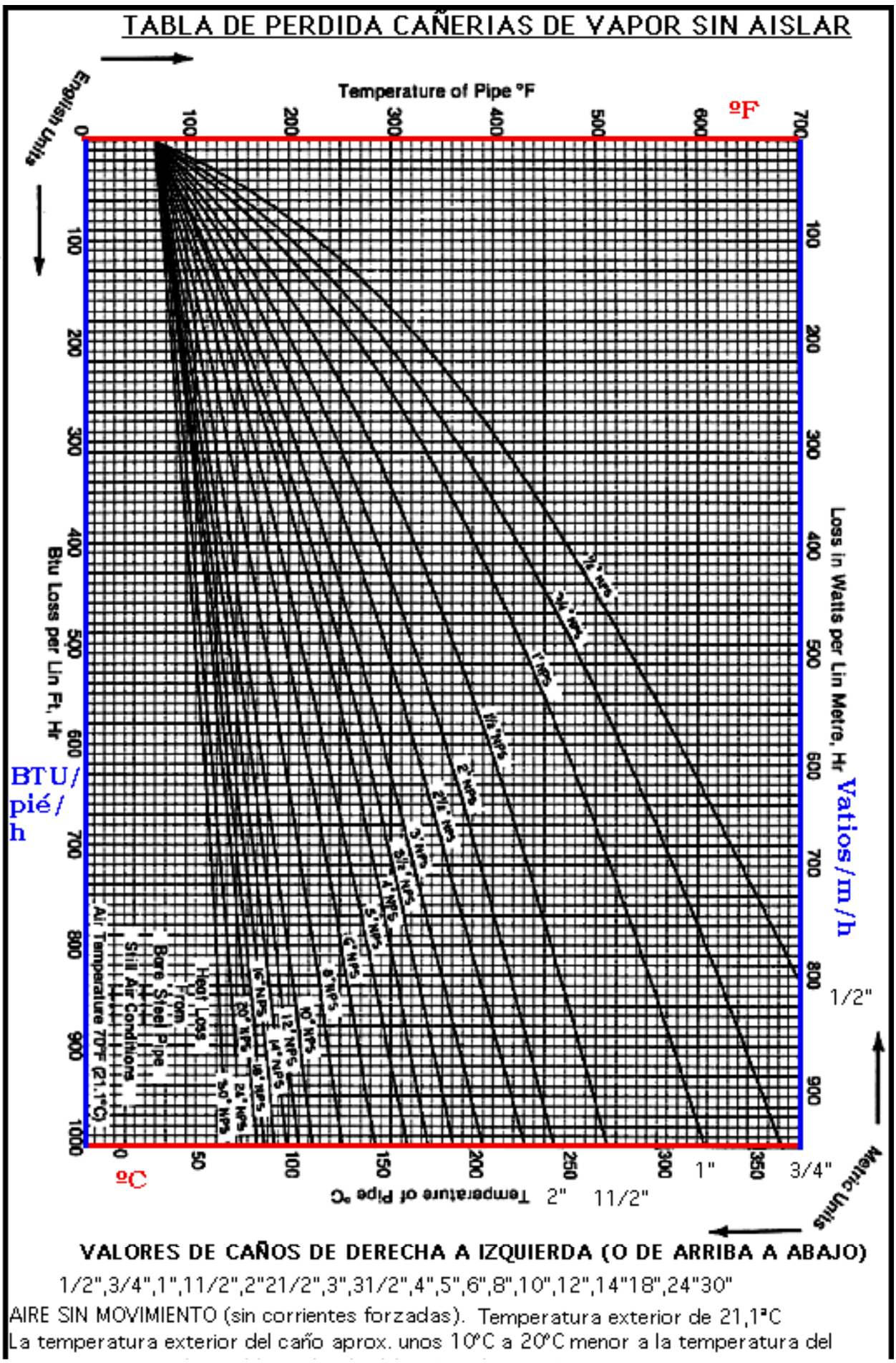


TABLA DE PERDIDA CAÑERIAS DE VAPOR SIN AISLAR
Temperature of Pipe °F
ºF
English Units
Btu Loss per Lin Ft, Hr
BTU/ pié/ h
Loss in Watts per Lin Metre, Hr
Vatios/m/h
Metric Units
Temperature of Pipe °C
ºC
Air Temperature 70°F (21.1°C)
Still Air Conditions
Bare Steel Pipe
Heat Loss From
1/2"
3/4"
1"
11/2"
2"
VALORES DE CAÑOS DE DERECHA A IZQUIERDA (O DE ARRIBA A ABAJO)
1/2",3/4",1",11/2",2"21/2",3",31/2",4",5",6",8",10",12",14"18",24"30"
AIRE SIN MOVIMIENTO (sin corrientes forzadas). Temperatura exterior de 21,1°C
La temperatura exterior del caño aprox. unos 10°C a 20°C menor a la temperatura del

Ejemplo de cálculo= Un caño de 3" con presión de 15 Kg/cm2 (200°C), caño exterior a 190°C
La pérdida anual será= 830 watts por m. lineal por hora (según tabla), promedio ambiente 21,1°C

$$\text{En combustible por año} = \frac{830/1000 \times 860\ (\text{Kcal/Kwh}) \times 24\ (\text{h}) \times 365\ (\text{día})}{9700\ (\text{kcal/kgr}) \times 0{,}85\ (\text{Efic. caldera})} = 758\ \text{Ltrs. F. Oil año. por m. caño 3"}$$

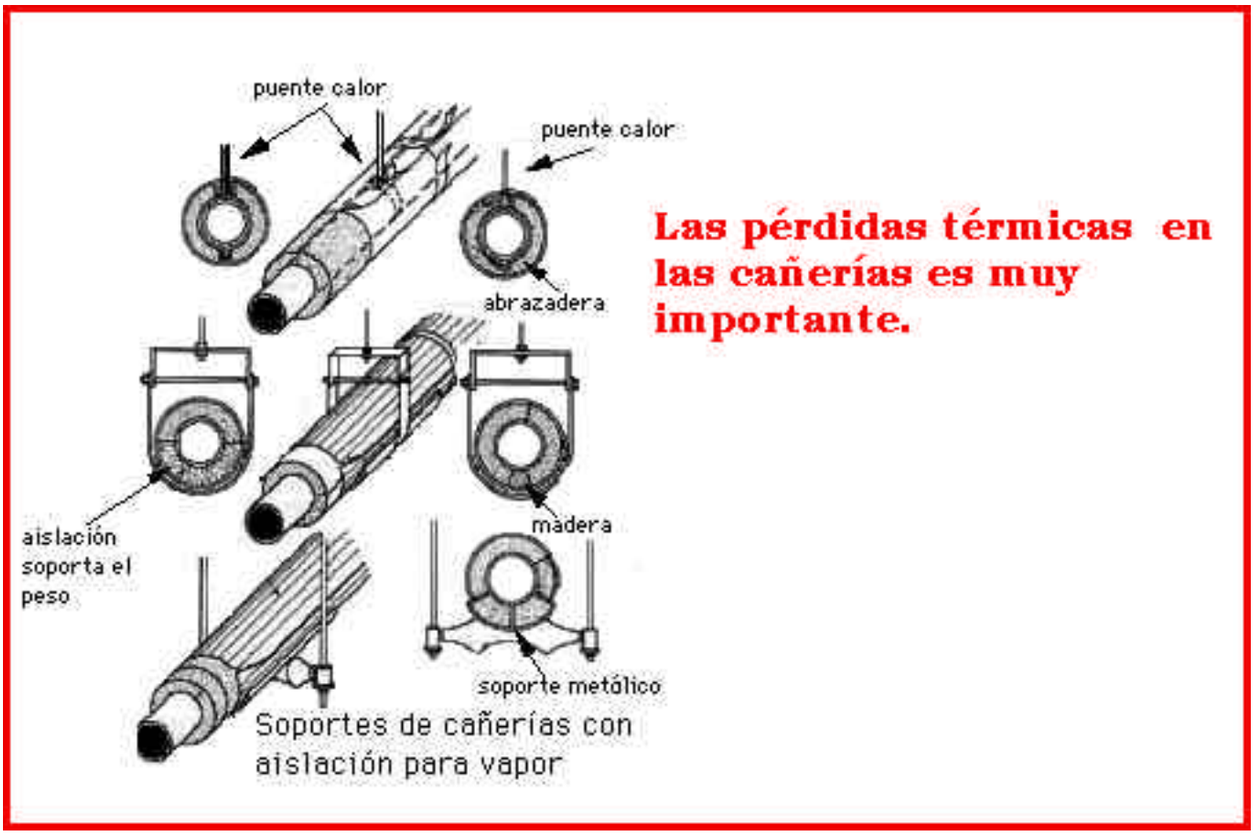
Temperatura interior 200°C
Temperatura amb. 21.1°C

LOS “PUENTES DE CALOR”

Cuando aislamos una cañería, debemos de soportarla de alguna manera, al “colgarla” o “apoyarla”, los elementos mecánicos, generalmente de materiales de hierro, forman **“puentes de calor”** (es decir, que conducen el calor desde la cañería al exterior, perdiéndose calor), por lo **que debemos de interponer en los puentes de sujeción, un material que interrumpa el “puente de calor” o achicar dichos “puentes” o “caminos” para que escape el calor** (disminuir el perfil y alargar el metal que forma el puente).

En baja temperatura, para separar los “puentes de calor” se puede utilizar la madera (hasta unos 150ºC se pueden utilizar madera de cierta características, generalmente las que por su dureza soportan las condiciones climáticas y mecánicas, en nuestro país podría ser el eucaliptos colorado), **en más alta temperatura,** los materiales deberán ser de material inerte (cerámicos u otros), **pero el concepto principal, es buscar que la parte metálicas en contacto sean de baja sección, sumergidos en la aislación, buscando crear una dificulta de dimensión al paso del calor.**

Modulo 11-MEJORA EFICIENCIA ELEMENTOS AUXILIARES



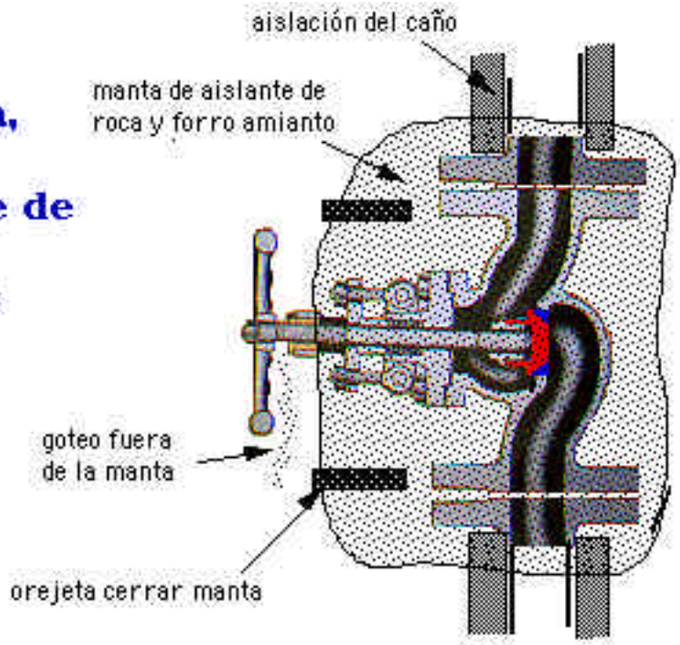
En cuanto a válvulas y bridas (inclusive otros elementos) **que tengan superficies expuestas al ambiente, por donde se pierden grandes cantidades de calor,** se pueden aislar con “mantas” desmontables para la reparación. Estas mantas, construidas con un material de relleno (por ejemplo: lana de “roca”), aislante que soporta la temperatura, tendrá un forro exterior (malla : alambre tejido, con malla de tela tejida para alta temperatura, aluminio , etc.) que soporte el calor y **que por medio de “orejetas” o enganches, se instalen y que se saquen fácilmente para el mantenimiento.** (dejando del lado exterior, solamente los volantes de operación). Lamentablemente estas mantas, no se ven comúnmente instaladas, los dueños de la fábricas ni se imaginan la pérdida anual que tienen por la exposición de todas las válvulas y elementos de control que se encuentran expuestos (es probable que tengamos una pérdida superior al 10% del combustible en una planta cuya base sea la calefacción por vapor de la producción).

Se puede estimar que cada válvula sin aislación tiene una pérdida equivalente a 10 m. de cañería aislada de la misma dimensión nominal o más de 1 m. de cañería equivalente sin aislar.

Se debe **de tener cuidado que las pérdidas de las empaquetaduras no se produzcan en el interior de la manta, esto sería un problema de pérdida de aislación y de corrosión** (las válvulas deben instalarse de manera que la pérdida de la empaquetadura no caiga sobre la cañería y dejar el drenaje en la parte exterior de la manta).

Modulo 11-MEJORA EFICIENCIA ELEMENTOS AUXILIARES

Una válvula expuesta, sin aislación, es un radiador permanente de calor al ambiente. La pérdida puede ser cientos unidades de combustible.

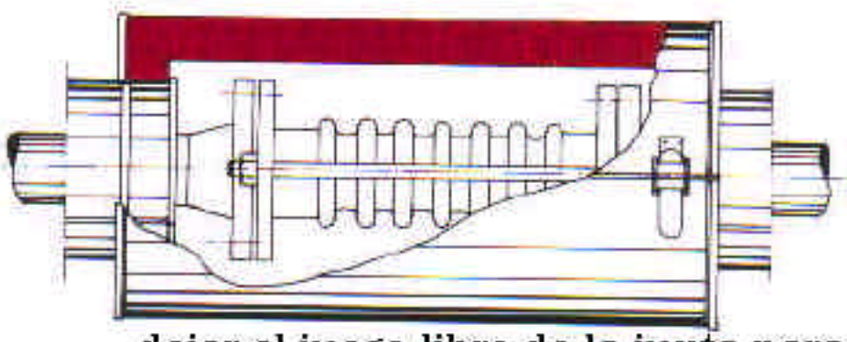


VALVULA AISLADA CON MANTA DESMONTABLE

También, **los elementos de dilatación** (como las juntas de dilatación) se podrían aislar con mantas “flojas” o con un forro de aislación que permite el movimiento de la junta en el interior).

En algunas partes, en donde es difícil poner una aislación convencional, se puede **“arrollar” un cordón de aislación** (flojo) de buen diámetro (esto era muy común en las instalaciones antiguas).

La pérdida por las juntas de expansión son importantes.



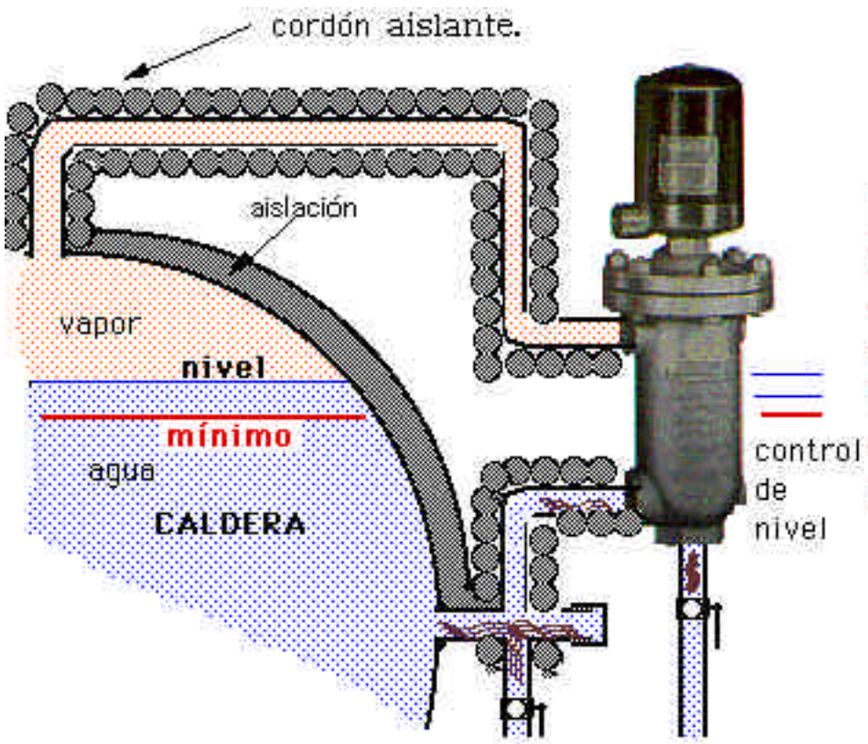
dejar el juego libre de la junta para dilatar

Las columnas hidrométricas de las calderas, están a la temperatura del vapor o agua saturada (son prácticamente la misma en la caldera), lo que significa una pérdida de calor innecesaria (aún los controles de nivel es una “barbaridad” que estén expuestos con su gran superficie a la temperatura ambiente, salvo sobre las zonas expresamente necesarias de enfriamiento), **deberían estar aislados.**

Todos los tanques de alimentación deben estar aislados (cuanto más próximo a 100ºC la temperatura de alimentación, mejor en todo sentido, para ello el tanque debe de estar a 5 m. sobre la bomba de alimentación, para evitar la cavitación). Las cañerías de succión deben estar aislada (cuidando que no se formen “bolsas” de vapor en el trazado de las mismas) y las cañerías de mandada.

Una forma sencilla (aunque no sea muy buena la aislación, además de ahorrar energía, protegen de alguna “quemadura”), es la solución indicada en la siguiente figura:

Modulo 11-MEJORA EFICIENCIA ELEMENTOS AUXILIARES

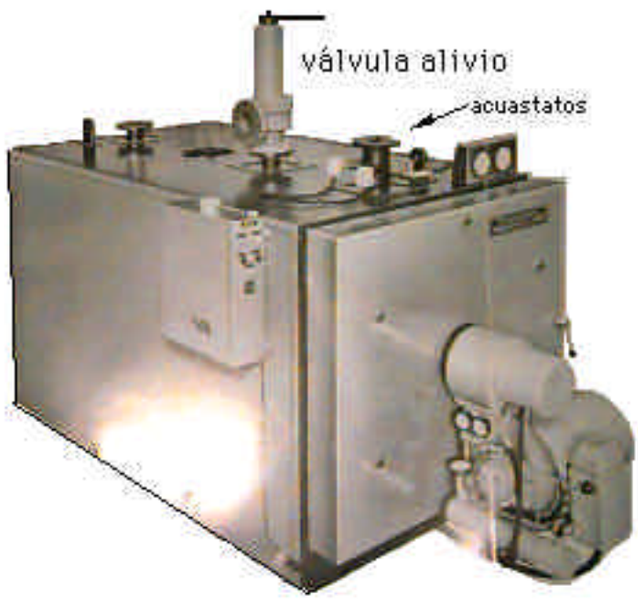


Los accesorios de control de una caldera, al cabo del año, consumen una buena parte del combustible, una pérdida evitable.

AISLACION CON CORDON

EN RESUMEN:

Todo lo que se pueda aislar, es un ahorro energético. Solo hay muy pequeños elementos que deben no ser aislados : cuellos de válvulas de seguridad en la zona del resorte, sifones de manómetros o presóstados, cuellos de controles de nivel, etc..



CALDERA DE AGUA CALIENTE LLAMA RETORNO

Modulo 11-MEJORA EFICIENCIA ELEMENTOS AUXILIARES

EL AHORRO EN LOS EQUIPOS DE PROCESO

Todo lo dicho anteriormente es válido en general para los equipos de proceso, inclusive **en tratar de trabajar con las temperaturas más bajas posibles sin que retrasen los procesos**.

Al bajar la presión de caldera, no solamente bajarán las pérdidas en la caldera (tanto la pérdida térmica como equipo térmico, sino que la pérdida de chimenea también bajará al bajar la temperatura de chimenea por la mejora en la transferencia), **bajará todas las pérdidas por aislación e inclusive todas la pérdidas físicas de vapor al haber menos presión y temperatura** (pero se debe observar que no se retrasan los procesos o se malogren los mismos).

Automatizar en forma de modulación continua todos los procesos de calefacción (esto permite que la caldera no tenga picos de consumo que son los que por lo general tienen un bajo rendimiento, comparado con una marcha de cambios suaves y esperados, es decir coordinados entre producción de vapor y consumo)**, regulando las temperaturas máximas** (esto permite un ahorro como equipo térmico).

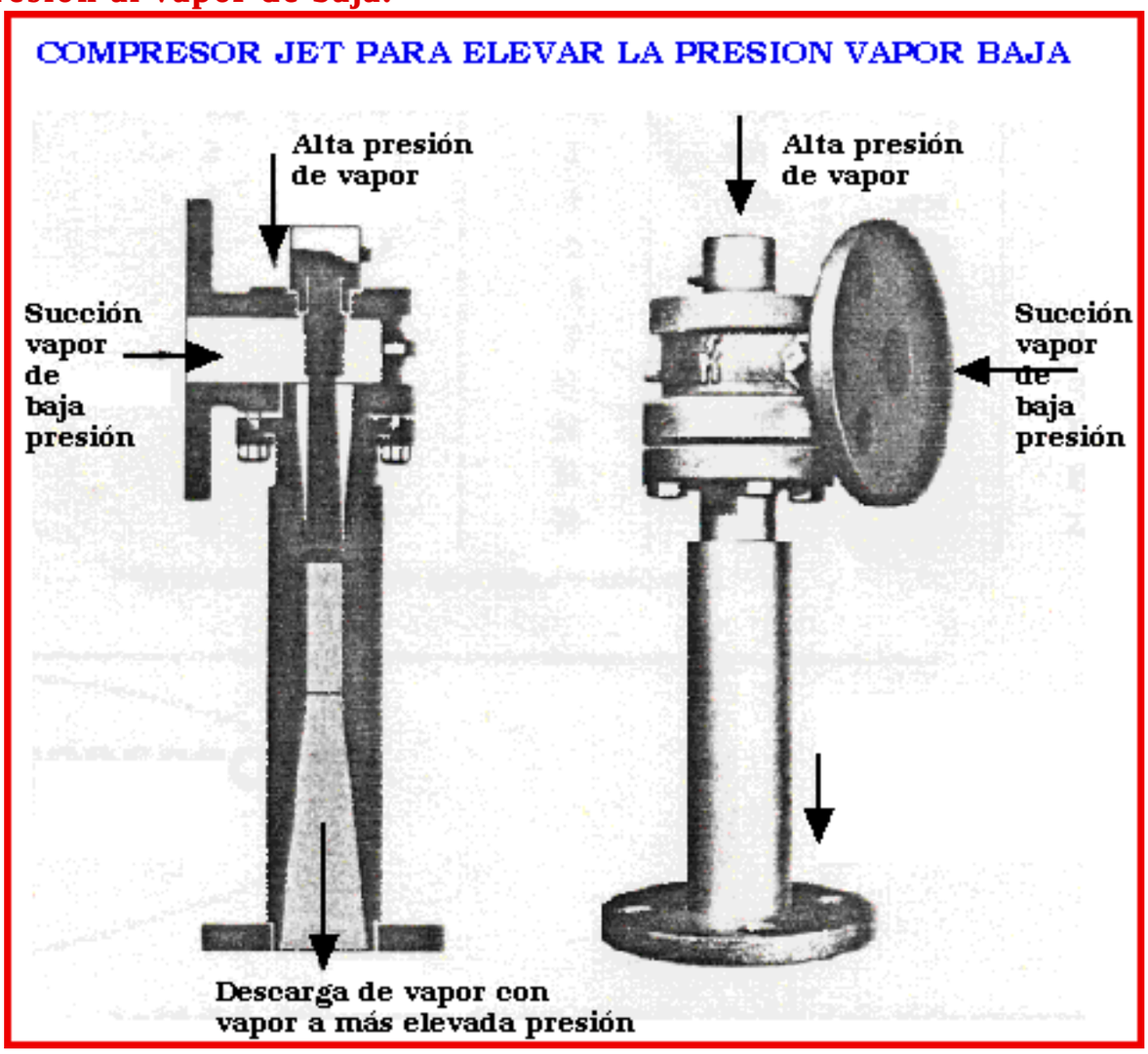
La regulación de temperaturas manuales, son las peores enemigas de ahorro energético, ya que dependen de la atención o “capricho” del que opera, **lográndose los mejores ahorros en la modulación continua, que si bien es más cara de implementar, se paga con el ahorro.** Hay una tendencia a la regulación prende-apaga -ON-OFF- debido a la sencillez y el bajo costo de instalación (como por ejemplo: es más barato y fácil instalar una válvula de solenoide que una válvula termorreguladora, es evidente que es mejor este sistema ON-OFF, que un sistema manual sin atención esmerada).

Cuando hay exceso de vapor de baja (provocado por recuperación de vapor de “flash” o por efecto del mismo proceso) **y hay necesidad de temperaturas relativamente más alta que dicho vapor de baja, la “compresión” mecánica del vapor** (utilización de turbinas o lóbulos, movidos por elementos mecánicos accionados por fluidos de recuperación o eléctricamente) **o la termo-compresión son un gran recurso para el ahorro de energía** (la utilización de vapor de alta como elemento compresor por medio de eyectores)**.**

El problema de la “compresión” mecánica es que por lo general la energía

para mover el compresor es eléctrica y por lo general tiene un costo superior al costo del vapor, lo cual hace la opción de la “termo-compresión” un elemento más viable.

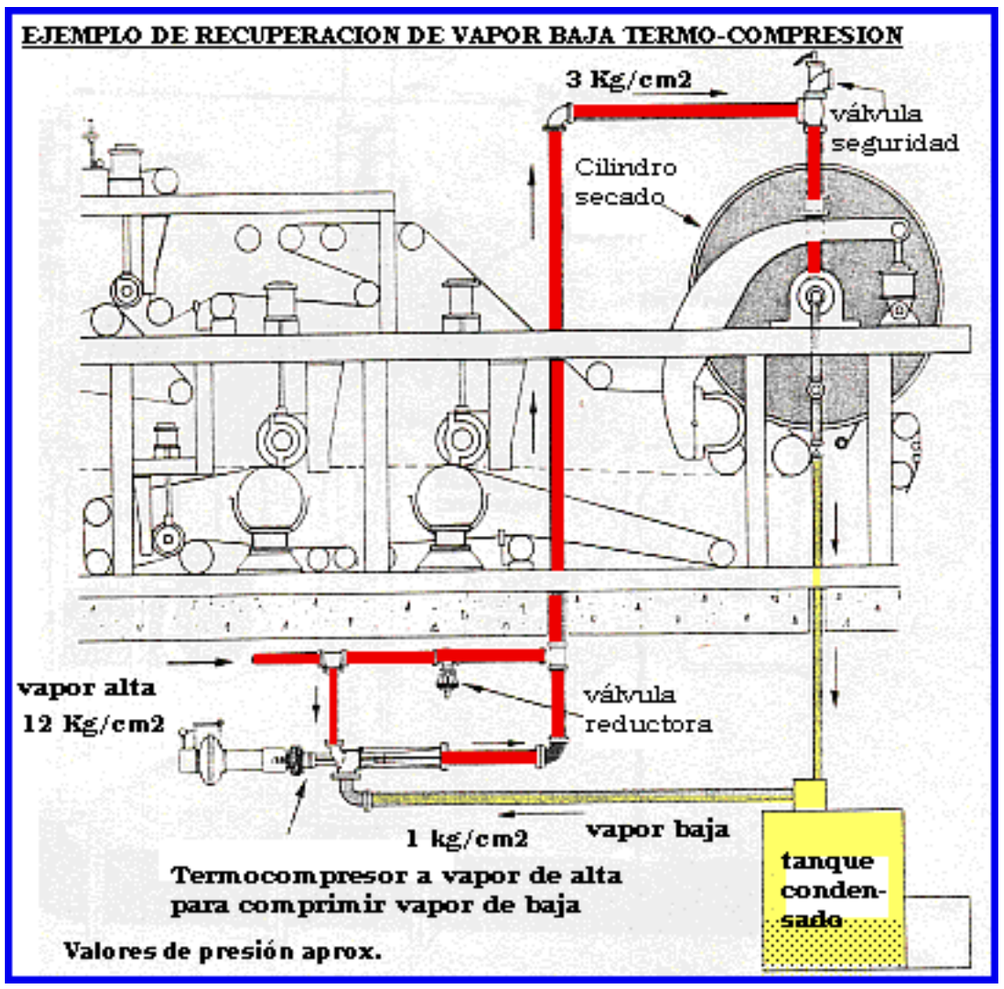
Ver en la siguiente figura un compresor con vapor de alta, para elevar la presión al vapor de baja.


COMPRESOR JET PARA ELEVAR LA PRESION VAPOR BAJA
Alta presión de vapor
Succión vapor de baja presión
Alta presión de vapor
Succión vapor de baja presión
Descarga de vapor con vapor a más elevada presión

Esta <u>compresión logra que un vapor de baja</u> (por ejem. de 1 a 5 Kg/cm2) **<u>pueda ser comprimido a una presión mayor</u>** (por ejem. de 6 a 10 Kg/cm2), **vapores que al estar saturados, pasan de una temperatura menor a un temperatura mayor, de manera de recuperar el delta térmico** (aumentar el salto de temperatura para la transferencia, dado que aumentan su presión y por lo tanto su temperatura, disponiendo su alto calor latente para la transferencia nuevamente).

Estos sistemas en el Uruguay no son muy comunes, la industria papelera, azucarera y alguna refinería, son los lugares en donde hay probabilidades de observarlo. Pero no deja de ser un tema interesante a tener en cuenta, ya que hay una recuperación energética importante.

Modulo 11-MEJORA EFICIENCIA ELEMENTOS AUXILIARES



Modulo 11-MEJORA EFICIENCIA ELEMENTOS AUXILIARES

EL AHORRO EN LA RECUPERACIÓN DE CALORES EN EFLUENTES O ESCAPES DE GASES CUYA TEMPERATURA PUEDA APORTAR UN CALOR DE RECUPERACIÓN.

Estos elementos de recuperación en aguas residuales (aguas que se “tiran” como efluentes de lavados, teñidos, etc.) o gases de escape (o aires calientes expulsados en los secaderos por exceso de humedad, etc.), se pueden recuperar de las más diversas formas. Los intercambiadores de tubos, que en el pasado eran muy comunes, hoy en día **son sustituidos por intercambiadores de placa, que ocupan muy poco espacio y tienen un coeficiente de transferencia muy elevado, son de gran beneficio para la recuperación de calor.**

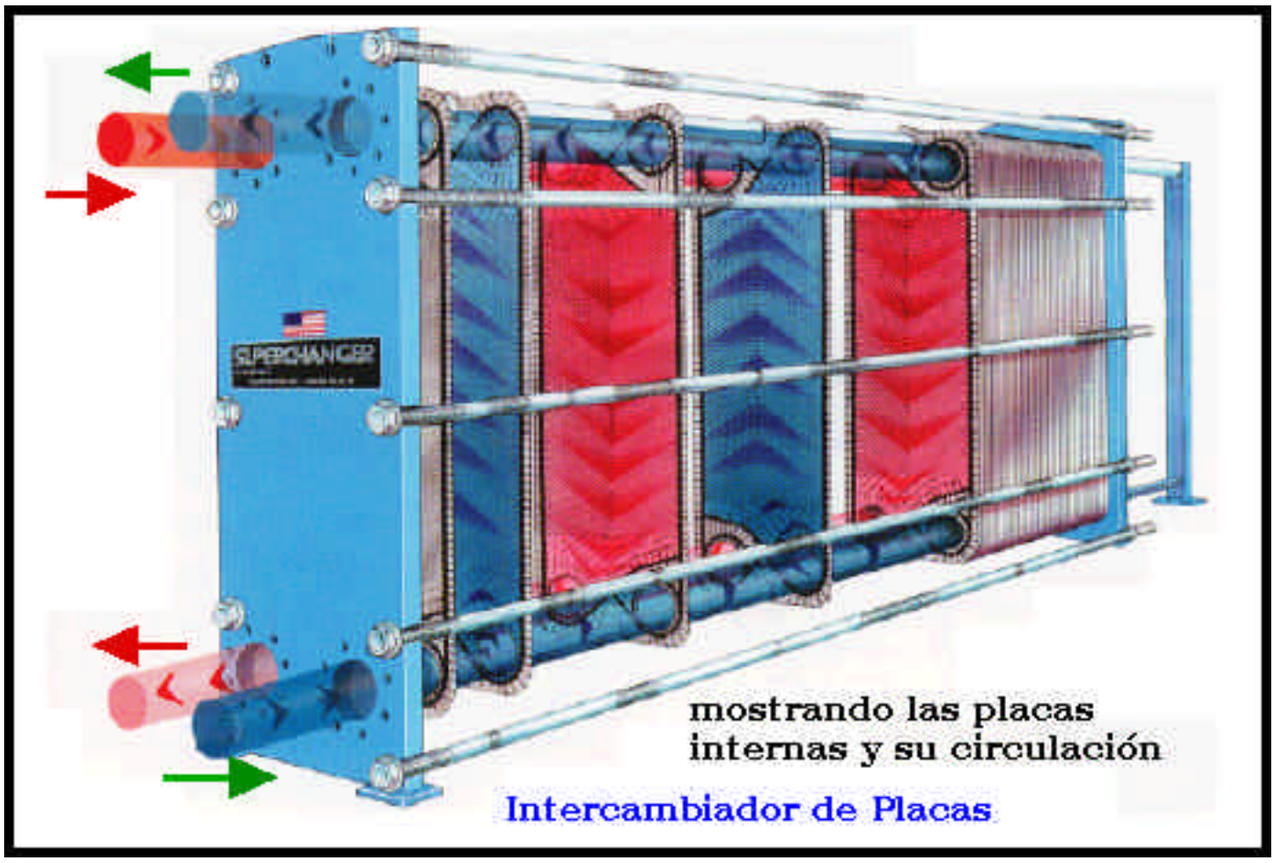
Veamos como son los recuperadores de placas.

La recuperación de calor residual en líquidos y gases de escape, puede ser un ahorro de energía muy importante.
Intercambiador de tubos
Intercambiador de Placas

Estos recuperadores de placas (generalmente son placas de aceros inoxidables u otro metal noble, cuyas superficies tienen formas que mejoran el intercambio térmico, tanto por su forma como por las altas velocidades con que los flujos de líquidos o gases pueden ser desarrollados, su superficie es muy grande por espacio, ya que la distancias entre las placas es muy pequeña. Por lado van los fluidos con mayor temperatura, a contra-corriente o a co-corriente (siendo a contra-corriente una mejor transferencia) y por el otro lado van los fluidos a calentar. La gran ventaja es que estos sistemas permiten una limpieza química relativamente fácil o si fuera necesario una limpieza mecánica con desarme.

Modulo 11-MEJORA EFICIENCIA ELEMENTOS AUXILIARES

Los intercambiadores de tubos tienen el problema de su gran dimensión y por lo tanto costo, su dificultad para limpieza y el tema de eliminar la corrosión o la incrustación de los líquidos que puedan ser incrustantes. De todas maneras, en altas presiones (calentadores de combustibles pesados, etc.) o en gases con grandes temperaturas (caso chimeneas de calderas y hornos, como recuperadores de aire caliente o economizadores)



EL AHORRO ENERGÉTICO EN EL AHORRO DEL TIEMPO

Todo proceso lleva un tiempo, este tiempo puede ser indicado para cada proceso como una necesidad ideal, pero en general, el proceso está demorado por los llamados **“cuellos de botella”.**

Los “cuellos de botella” son aquellos elementos que por alguna razón “atrasan” el proceso o alargan innecesariamente su tiempo y con ello se gasta más energía en el tiempo.

Veamos algunos de los posibles y subsanables problemas que generan “cuellos de botella”.

1-Extracción de gases.
2-Evacuación de condensados.
3-Sistemas de alimentación de vapor.
4-Coordinación de maniobra.
5-El factor humano.

1-Extracción de gases.

La mayoría de los equipos intercambiadores de calor por medio de cámaras de vapor (como las pailas o tanques de doble fondo) o con serpentines en paralelo o tubos en paralelo (intercambiadores tipo “shell” de gran diámetro de cuerpo), **pecan del problema de que no se le ha prestado gran atención a la evacuación de gases “pesados” y especialmente de gases “livianos”** (los gases en un misma condición de temperatura y presión, para un mismo

volumen, en dicho volumen contienen la misma cantidad de moléculas, las moléculas formadas por átomos de distinto peso, el peso atómico, por lo que **a mayor peso molecular, el gas más pesado tenderá a ser atraído por la gravedad con mayor fuerza**) **. Por lo que los gases tenderán a quedar en forma ordenada de manera que los más pesado estarán más abajo y los más livianos subirán** (el ejemplo más contundente es la atmósfera terrestre, fundamentalmente compuesta por **nitrógeno** (79% de N2 en volumen al nivel del mar, peso molecular 28 por estar formado por 2 átomos de nitrógeno : peso atómico del N= 14) y de **oxígeno** (21% de O2 en volumen al nivel del mar, peso molecular 32 formado por 2 átomos de oxígeno: p. a. O= 16), habiendo otros gases que por su menor cuantía no los consideramos en % anterior (llamados gases "raros" : helio, argón, etc.). **Todos sabemos que el oxígeno está en mayor %** (21% en volumen) **a nivel del mar y que a medida que subimos en una montaña o en un avión, dicho % disminuye hasta casi desaparecer**, esto confirma lo dicho anteriormente**.**

En vapor , cuyo peso molecular es **18,** correspondiente a 2 átomos de hidrógeno (p.a. H= 1) y 1 átomo de oxígeno (p.a. O= 16), **se comporta casi similar a un gas** (estando **saturado seco** cuando no hay partículas de agua condensada y con más semejanza cuando está sobrecalentado o sea que su temperatura está por encima de la correspondiente a vapor saturado), pero en un proceso de condensación por enfriamiento, **está en contacto permanente con gotitas de agua condensada, es un vapor húmedo, las gotitas formarán el condensado que sacaremos por la parte baja de las cámaras de intercambio.**

Para considerarlo al vapor de agua con un comportamiento más similar a un gas perfecto, debería ser vapor sobrecalentado (un vapor que entró a una temperatura por encima a la indicada en las tablas de vapor saturado, por ejemplo: el vapor a 10 Kg/cm2 de presión manométrica tiene al estar saturado unos 183ºC, **para recalentarlo debemos de elevar su temperatura por encima de los 183°C).**

De todas maneras el vapor sobrecalentado no se utiliza para el intercambio térmico, es malo, no hay buena transferencia (el mejor intercambio del lado del vapor lo realiza cuando se provoca una turbulencia de vapor y condensado sobre la superficie de intercambio, siempre que el condensado salga rápidamente por efecto del barrido del vapor)**.**

Junto con el vapor de la caldera, **van otros gases**, además del vapor de agua (p.m.18), como ser el propio aire que entró con el agua de alimentación (nitrógeno p.m. 28, oxigeno p.m. 32, argón p.m. 80, helio p.m.8, etc,), por la descomposición de las sales que trae el agua (anhídrido carbónico p.m. 44, algunos gases de origen orgánico, etc.), y por los productos químicos del tratamiento .

Estos gases al entrar en las cámaras de intercambio tienden a acumularse según su peso, por lo que si no hay purgas o el diseño de la cámara no arrastra dichos gases hacia las trampas de vapor o purgas de gases, la cámara se llena en esas partes por estos gases **que impiden el contacto del vapor con las superficies de intercambio.**

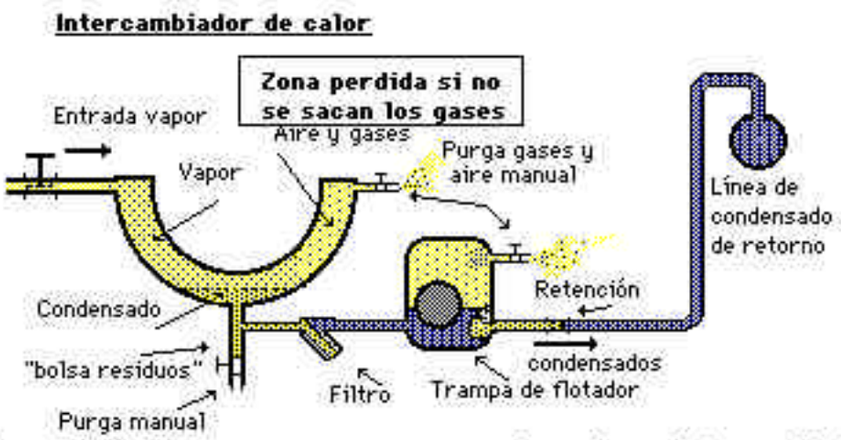
Por lo general, los gases pesados salen junto con el condensado (por esta razón algunas trampas deben de tener elementos capaces de purgar los gases , en forma automática o manual permanente, especialmente las trampas de flotador siempre deben tener este dispositivo y el mismo debe ser controlado, ya que si no funciona, bloquea la extracción del condensado), **pero los gases livianos, si no tienen un dispositivo de purgas en la parte superior, difícilmente son extraídos y ocupan un lugar sobre parte de las superficies de transferencias, afectando el intercambio y con ello atrasando el proceso** (con un aumento en el tiempo de operación con un costo energético). **También los gases pesados, deben salir mezclados con el condensado o de lo contrario, habrá que hacer un cañería que separe el condensado por una parte más baja y los gases pesados sean extraídos por encima del condensado. Como los gases pesados "flotan" sobre el condensado, tienden a mantenerse en la parte superior de las cámaras de intercambio, mezclándose con los gases livianos** (que son de menor cuantía)**, lo que dificulta su extracción por las trampas de condensado aunque estas tengan purgas de "gases" manuales o automáticas, de allí la conveniencia de estudiar el funcionamiento de las cámaras de intercambio para ver si es necesario instalar purga de gases en zonas en los que los mismos puedan quedar "atrapados" ocupando un lugar que interfiere con el vapor de calentamiento.** Esto queda muy evidenciado en las "pailas" de cocimientos (dulce de leche, dulces en general, etc.).

Esto demuestra la importancia de la elección de la trampa y las técnicas de su instalación.

Modulo 11-MEJORA EFICIENCIA ELEMENTOS AUXILIARES

Hay aguas, que por su salinidad, tienen un alto contenido de alcalinidad (la alcalinidad está formada, por lo general, por bicarbonatos de calcio y magnesio ([HCO3]2Ca y [HCO3]2Mg), **estos bicarbonatos se descomponen en el interior de la caldera** [y más aún si ablandamos el agua o sea si los transformamos en bicarbonatos de sodio : [HCO3]Na, **dando gran cantidad de anhídrido carbónico** (CO2), **que si bien con el agua da ácido carbónico** (o sea, que se disuelve, pero al estar el condensado caliente y al bajar la presión, este está en forma de gas carbónico), **pero en las condiciones de los elementos de transferencia, este gas producido en gran cantidad, es uno de los responsables del posible entorpecimiento de la extracción del condensado** (no es fácil la eliminación de bicarbonato en un sistema de alimentación, obliga a procesos más sofisticados que los comunes)**.**

Veamos un croquis con un ejemplo:



Disposición de los vapores , gases y condensados en intercambiador

El inconveniente de las purgas de gases manual, es que se “tira vapor” en forma permanente junto con los gases a purgar, esto también es una pérdida.

Los purgadores automáticos de gases, se basan en la sensación térmica, es decir, cuando se acumulan gases, baja la temperatura y el purgador sensible a la temperatura (bimetálicos, bulbos, diafragmas, etc.) abren el pequeño asiento y los gases salen, pero cuando llega el vapor, **se produce el calentamiento del elemento sensor y la válvula cierra hasta que se vuelva acumular gases** (es importante no aislar esta parte que enfría los gases)**.**

Pero además, es muy importante **la forma en que entra el vapor y se distribuye en el interior de la cámara**, de manera de **hacer un “barrido” de los gases hacia la zona de extracción**. Muchas veces conviene que el vapor entre por más de un lado, o que existan “baffles” que dirijan el flujo interno, etc. (no olvidar que el choque directo del vapor sobre el metal produce una corrosión por erosión, que es aumentado por las condiciones químicas), para evitar este efecto se puede interponer una placa de acero inoxidable en donde choque el vapor.

2-Evacuación de condensados.

La evacuación del condensado, es toda una “ciencia” (teórico-práctica), ya que no solamente la **elección del tipo y tamaño de la trampa, es suficiente, sino que su instalación** (forma de instalación), **es fundamental.**

La elección del tipo de trampa, esta relacionada al equipo y su forma de operar (inclusive la presión puede influir).

Debemos dejar bien en claro que las trampas de vapor no son u operan como válvulas de retención (error que se comete muy frecuentemente).

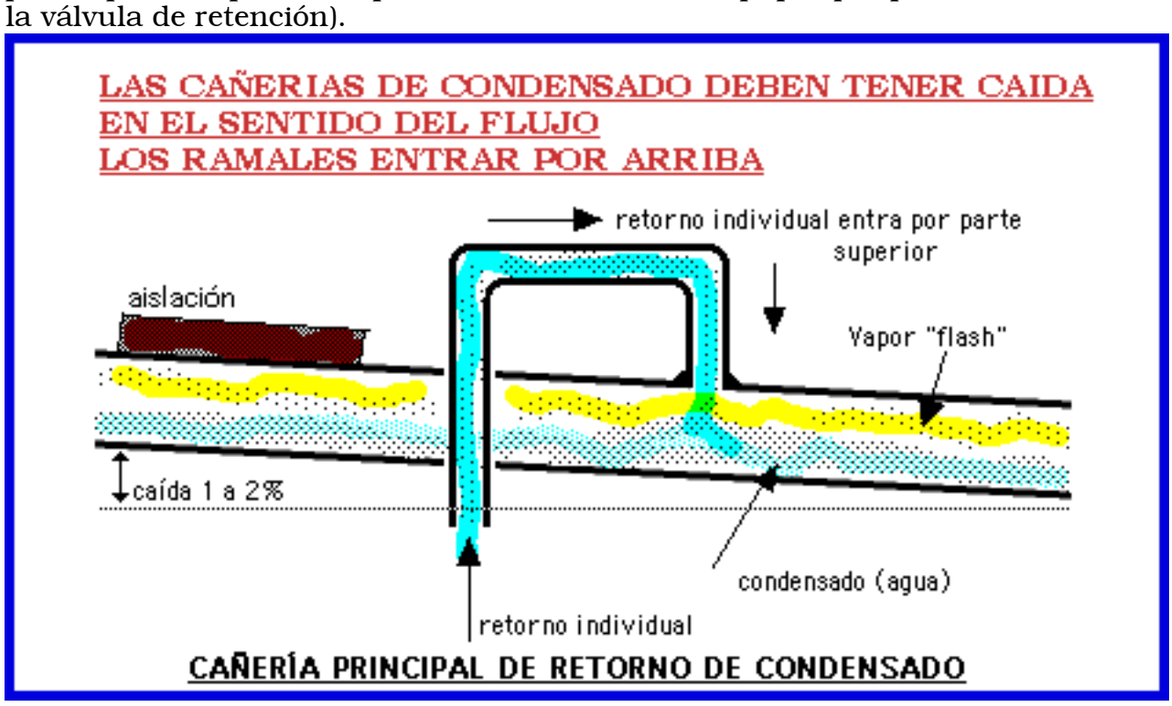
El costo anual de una trampa, no es solamente su costo inicial (el de compra), **sino que lo define su desempeño, ya que si se produce un gasto de energía para funcionar** (como ocurre en las trampas termodinámicas) **su costo en el tiempo puede ser muy importante.** En algunos procesos, se puede mejorar la Eficiencia, ganando tiempo, extrayendo todo el condensado inmediatamente formado, **en otros, se puede, en desmedro del tiempo, enfriar el condensado a extraer, de manera de disminuir el vapor de “flash”** (en este caso, este tipo de trampa, funciona en base a la temperatura del condensado, son trampas que tienen elementos sensibles a la temperatura-elementos bimetálicos, cápsulas o fuelles con soluciones

sensibles a determinada temperatura, etc.-) **cuando se utilicen este tipo de trampas, debemos de ser cuidadosos con la purga de gases, ya que los gases se acumularán** (sea liviano o pesado) **porque que son más livianos que el condensado.**

Por lo general, se observa que las cañerías de retorno de condensado, son mal dimensionadas, mal trazadas y sin aislación.

Las **cañerías de condensado deben tener la suficiente dimensión** (sección), muy superior al volumen de agua que conducen, **ya que debemos evacuar un vapor de “flash” de baja presión** (que tiene un volumen específico muy alto, m3/Kg), **si la cañería fuera sub-dimensionada, se generaría una más alta presión debido al vapor de “flash”, esto provoca dificultades para el desalojo del condensado de los equipos que descargan sus trampas a la misma cañería. Y con esto el atraso en los procesos y con ello la Eficiencia de la planta.**

La forma de instalar la cañería, también puede ser un factor de “ahogo” al desplazamiento del condenado y el inevitable vapor de “flash”, **para ello, se debe de hacer el tendido de la cañería con su suficiente caída hacia el retorno** (tanques de recuperación o directamente al tanque de alimentación), **buscando que cuando hay que tomar elevaciones, estas sean en forma de no retornar el condensado al sistema.** Recordando que las trampas no son válvulas de retención y por ello además de considerar la instalación de válvulas de retención (deben de ser de baja pérdida de carga, como las de “clapeta” a 45º grados), **con la importante condición que mejora esta condición la inserción de los retornos a la cañería principal por la parte superior** (al cerrar el vapor a los intercambiadores, la condensación del mismo, tiende crear un “vacío” que “chupa” el condensado, pero si lo hacemos entrar en el caño por la parte superior, impidiendo su retorno al equipo que pertenece, considerando además la válvula de retención).


LAS CAÑERIAS DE CONDENSADO DEBEN TENER CAIDA
EN EL SENTIDO DEL FLUJO
LOS RAMALES ENTRAR POR ARRIBA
retorno individual entra por parte superior
aislación
Vapor "flash"
caída 1 a 2%
condensado (agua)
retorno individual
CAÑERÍA PRINCIPAL DE RETORNO DE CONDENSADO

Las trampas de vapor no son ni operan como válvulas de retención (concepto erróneo que se comete muy frecuentemente). Este concepto equivocado de la operación de las trampas, hace que haya una pérdida de tiempo y capacidad de los equipos, dado que si las trampas no son válvulas de retención (y la instalación carece de ellas o las cañerías están mal trazadas e instaladas) **cada vez que se cierra o estrangula el vapor de entrada, se produce un retroceso o “ahogamiento” de la cámara de transferencia** (el condensado que se forma no evacúa porque no hay presión parcial suficiente, el condensado de línea puede llegar a retornar a la cámara), **al abrir nuevamente el vapor, el condensado provoca una demora de repuesta debido a que tiene que evacuar totalmente el condensado “atrapado” para despejar toda la superficie de transferencia** (aparentemente, mejoramos la eficiencia al bajar más la temperatura del condensado, pero enlentecemos la repuesta del equipo de intercambio). Si se produce un vacío parcial y tenemos purgadores de aire, es posible que entre aire, que será expulsado al entrar nuevamente el vapor, en algunos equipos esto es

hasta necesario, de lo contrario la presión atmosférica provocará el colapso de la cámara (nos estamos refiriendo a cámaras de gran superficie y que deba ser necesario la instalación de un “rompe vacío”). Aunque exponer la entrada de aire en contacto con el condensado de retorno, provoca la entrada de oxígeno al sistema de condensado y con ello **un grave problema de corrosión y consumo de secuestrante de oxígeno en el agua de alimentación de caldera** (si este condensado no se somete a una previa des-areación). El oxígeno por si solo es un elemento corrosivo, pero fundamentalmente al haber CO2 (anhídrido carbónico) en el condensado, el oxígeno activa que este sea sumamente corrosivo.

Las trampas de flotador son por lo general las más económicas (solo extraen el condensado que se forma), **tienen un costo de adquisición relativamente alto, son cuestionables frente a un golpe de “ariete”** (o el congelamiento)**, pero por lo general operan muy bien, drenando el condensado adecuadamente** (si la instalación está bien hecha).

Por lo general, aconsejo que toda trampa tenga su válvula de retención y que entre el la cañería general de retorno de condensado por la parte superior y que las caídas de la cañerías estén siempre en el sentido de flujo del condensado.

3-Sistemas de alimentación de vapor.

La **distribución de vapor**, debe ser hecha de manera de no solamente **evitar las pérdidas por aislación**, sino, **evitar las pérdidas de carga** (tanto la dimensión de la cañería en sección: diámetro, como su largo : distancias, curvas en vez de codos, válvulas de pase total (como válvulas esclusas, válvulas esféricas, dejando las válvulas de globo como válvulas de regulación). Las pérdidas de carga en las líneas de distribución bajan la presión y con ello disminuyen la temperatura disponible para transferencia (si bien el vapor se sobrecalienta un poco, apenas entra en intercambio, su temperatura baja a la de saturación correspondiente a la presión).

La caída de la cañería debe ser en sentido de flujo, evitando la formación de de “bolsones” de condensado, que hacen la cañería proclive a la formación de golpes de “ariete” y también colaboran en provocar pérdidas de carga.

Una velocidad razonable para distribución es la 15 m/s (si intentamos hacer cañerías con mayor velocidad, creamos problemas con las pérdidas de carga, ruidos y golpes de ariete).

Las salidas de la cañería principal a los consumos individuales, deben salir desde la parte superior de la cañería.

La extracción del condensado formado es fundamental, esto debe hacerse en cuanta oportunidad se presente, especialmente delante de las válvulas de regulación (estas no trabajan bien en la presencia de arrastre de agua en el vapor, inclusive se “rayan” los asientos).

Una vez distribuido el vapor, el paso problemático es elegir un sistema de regulación adecuado a cada equipo (esto será fundamental para la mejor Eficiencia, ya que el aprovechamiento del vapor y el tiempo de operación están en juego).

La regulación manual por lo general no es conveniente, dado que el operario no puede estar alerta 100%, lo que genera extremos costosos.

La regulación TODO o NADA (ON-OFF) es mejor que la manual en algunos casos, y muy tentadora por lo fácil de realizar, pero **genera excesos en toda la cadena de generación y transporte del vapor**, al coincidir las aperturas en algunas oportunidades, y funciona por lo general, alterando en una franja la temperatura del proceso.

Tanto la regulación MANUAL como TODO o NADA, tienden a crear cuellos de botellas (se enciman los consumos, tanto en la producción de vapor como en su transporte, **esto crea un “cuello de botella”**).

La regulación continua, es por lo general la mejor (el mejor ejemplo de ahorro de combustible en un auto es el manejo parejo y lo peor es la aceleración a fondo y soltar el acelerador). **La temperatura del proceso será constante, la generación y transporte del vapor será sin cambios bruscos. Esto evita el “cuello de botella”, ya que los consumos no se enciman en forma brusca. En la caldera no se producirán cambios bruscos** (arrastres) **y excesos de marcha** (que aumentan la pérdida de chimenea, bajando la EFICIENCIA).

Modulo 11-MEJORA EFICIENCIA ELEMENTOS AUXILIARES

4-Coordinación de maniobra.

Este tema es muy importante en la Eficiencia global de una fábrica, es la coordinación de todos los procesos que consumen energía en forma de vapor.

Todos los procesos de intercambio de energía, en su comienzo presentan un mayor consumo de vapor (es evidente que no solamente el equipo está frío, sino que los fluidos a calentar también lo están. Por ejemplo: un paila de dulce de leche, al comenzar tiene leche a temperatura ambiente o menor, del lado de la leche todavía la viscosidad es muy baja, **hay gran transferencia térmica, por lo que el consumo de vapor será muy importante en el comienzo e irá disminuyendo a medida que el dulce de leche se empieza a formar.**

Casi todos los equipos por “bache” tienen esta condición.

Si todos los consumos de vapor comienzan casi juntos o coinciden en su comienzo, la caldera estará en su máxima producción de vapor, con posibilidades de arrastres y mayores pérdidas en gases de chimenea (no solo por temperatura, sino también por la posibilidad que en esa potencia de combustión se puedan producir gases no quemados).

Es de fundamental importancia, coordinar las largadas de los cocimientos u otros, de manera de desfasar los comienzos y con ello lograr un consumo estable de energía.

Además, es conveniente que exista una **comunicación previa al foguista** (de timbre, luz, o voz) del comienzo de cualquier consumo importante de vapor (esto previene al foguista y se prepara para asumir el consumo sin contratiempos y en las mejores condiciones).

5-El factor humano.

En la industria, no todos los puestos “parecen” ser relevantes, **creo que el foguista debe ser integrado al equipo de producción.**

Es el operario que está manejando un costo en forma directa, es decir, si su atención, preparación y estímulo no es el adecuado, en una empresa que gaste 10.000 Ltrs. de F. Oíl por día (en 8 horas maneja la tercera parte), **puede hacer perder tanto como el 10% al 20% del valor del combustible** (unos 300 Ltrs. a 600 Ltrs. en un turno).

Si el vapor no llega en tiempo y forma, la pérdida se aumenta (para que no llegue en “tiempo y forma”, es suficiente que el foguista sea ignorado por la producción, **no coordinando las operaciones de producción**).

Por desgracia, al foguista, se le deja sin apoyo, fuera del equipo y en cierta forma es el “golero” (se come todos lo “pelotazos” del desorden de producción).

El foguista debe de ser reciclado en sus conocimientos, darle los medios para evaluar la EFICIENCIA de la calderas (instrumental)**, ya que tiene la responsabilidad de “no desperdiciar” un recurso de la fábrica, de la HUMANIDAD, y que lamentablemente es una de las principales causas de CONTAMINACIÓN** (cuanto más ahorremos, menos contaminaremos)**.**

Dotar la foguista de los conocimientos, a través de cursos que no sean someterlos a una “burocracia”, sino con resultados reales y que levanten el ánimo profesional.

Mantener una biblioteca con sentido práctico a su alcance.

Dotarlo de instrumentos, sencillos, prácticos y confiables (no instrumentos sofisticados, que por lo general no tienen reparación ni calibración en el país).

Y fundamentalmente, **acercarse a su tarea con comprensión y estímulo**, sabiendo que es una persona **que decide en su comportamiento, sobre un tema que nos afecta a todos.**

A los ingenieros, que los temas de producción no les hagan olvidar que por la generación de vapor (energía en general), **se nos van parte de las ganancias que podemos obtener en la producción.**

A los administradores , que las facturas de combustible llevan escondidas el “mal manejo de la energía” (quizás puedan ver un honorario en limpiar una caldera de hollín en un fin de semana, pero esto al cabo del tiempo puede ser el mejor dinero invertido)**.**

A los empresarios, si bien, no se puede estar en todo, para ello deben de tener el equipo adecuado, estimulando que cada uno sea el “mejor del cuadro”.

A todos : No olvidar que “comen del mismo plato”.